



⑲ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Übersetzung der  
europäischen Patentschrift  
⑨ EP 0 800 431 B 1  
⑩ DE 696 02 001 T 2

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**B 23 H 3/00**  
B 23 H 9/00  
B 23 H 3/02  
F 16 C 33/64

F4

⑲	Deutsches Aktenzeichen:	696 02 001.7
⑧	PCT-Aktenzeichen:	PCT/NL96/00003
⑨	Europäisches Aktenzeichen:	96 901 568.4
⑦	PCT-Veröffentlichungs-Nr.:	WO 96/20060
⑧	PCT-Anmeldetag:	2. 1. 96
⑦	Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung:	4. 7. 96
⑦	Erstveröffentlichung durch das EPA:	15. 10. 97
⑦	Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA:	7. 4. 99
⑦	Veröffentlichungstag im Patentblatt:	28. 10. 99

③ Unionspriorität:  
365396 28. 12. 94 US

⑦ Patentinhaber:  
SKF Industrial Trading & Development Co. B.V.,  
Nieuwegein, NL

⑦ Vertreter:  
v. Fünser Ebbinghaus Finck Hano, 81541 München

⑧ Benannte Vertragsstaaten:  
DE, FR, GB

⑦ Erfinder:  
WARDLE, Frank, Peter, Swindon SN6 7SA, GB

⑤ VERFAHREN ZUM ELEKTROCHEMISCHEN BEARBEITEN UND LAGER HERGESTELLT MIT DIESEM VERFAHREN

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 696 02 001 T 2

25.06.99

SKF INDUSTRIAL TRADING & DEVELOPMENT COMPANY B.V.

696 02 001.7-08

DEAB-67491.9

25. Juni 1999

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum elektrochemischen Bearbeiten eines Metallstücks, bei dem zum örtlichen Entfernen von Material vom Metallstück durch Anlegen einer Spannung ein Strom über einen schmalen Spalt (1) hinweg geleitet wird, der durch das Metallstück und eine einstellbare Elektrodeneinrichtung (2) gebildet wird, wobei ein Elektrolyt (A) an den Spalt (6) in einer Richtung geliefert wird, die im wesentlichen tangential zur Oberfläche des Metallstücks verläuft, und das Metallstück um seine Achse gedreht wird, wobei die Stromstärke von einer Erfassungseinrichtung gesteuert wird, die die Oberfläche des Metallstücks abtastet.

Ein solches Verfahren ist aus der US 4,456,516 bekannt. Hier wird die allgemeine Rundheit einer zylindrischen Welle durch elektrochemische Bearbeitung verbessert. Eine Klammer ist so geformt, daß sie in einem Zweipunktkontakt gleitbar an der Welle angebracht ist. Die Klammer weist einen Kontaktsensor auf, der den Strom steuert, der über einen Spalt geleitet wird, der von der Welle und einer Elektrode gebildet wird.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur elektrochemischen Bearbeitung vorzusehen, bei dem eine schnelle und präzise Steuerung der bearbeiteten Oberfläche möglich ist.

Zu diesem Zweck ist das erfindungsgemäße Verfahren dadurch gekennzeichnet, daß das Metallstück ein Lagerring ist und das elektrochemische lokale Entfernen von Material vom Lagerring durch Steuern eines Parameters aus der folgenden Gruppe gesteigert wird:

i) Verändern der Geschwindigkeit, mit der der Lagerring um seine Achse gedreht wird, zum Verändern der Zeit, während der eine örtliche Erhebung elektrochemisch bearbeitet wird, und

ii) Erhöhen der Spannung, wenn der Spalt aufgrund einer örtlichen Erhebung auf dem Lagerring eng ist, wobei die örtliche Entfernung dadurch gesteuert wird, daß Daten von einer Erfassungseinrichtung eingeholt werden, die den Lagerring, die einstellbare Elektrodeinrichtung und ein Volt-Ampere-Meter aufweist, und die Spannung und die Stromstärke als Daten zum Steuern der Parameter verwendet werden.

Die Breite des Spalts ändert sich mit der Winkelposition des Lagerrings, während sich dieser um seine Achse dreht, zusammen mit Unregelmäßigkeiten auf der Oberfläche des Lagerrings sowie etwaiger Unrundheiten. Die Veränderung der Spaltbreite geht mit einer Veränderung des Widerstands und daher des Stroms einher, wodurch dann mehr Material entfernt wird, wenn der Spalt enger ist, und weniger, wenn der Spalt breiter ist. Auf diese Weise werden Erhebungen entfernt und die Oberfläche des Lagerrings geglättet.

Erfindungsgemäß wird das Material in gesteuerter Weise entfernt, um so das Verfahren zu beschleunigen, wobei die gemessene Spannung und der gemessene Strom als Daten zur Steuerung des Parameters verwendet werden, d.h. wenn der Spalt eng ist, wird das elektrochemische Entfernen von Material vom Lagerring durch ein Verändern relevanter Prozeßparameter gesteigert. Durch diese aktive Steuerung ist es möglich, mehr Kontrolle über die letztendliche Form des Lagerrings zu haben und diese Form schneller zu erhalten. Zum Beispiel ist es möglich, die Spannung zu erhöhen, wenn der Spalt aufgrund einer Erhebung auf dem Metallstück eng ist, was zu einem zusätzlich erhöhten Strom führt, was seinerseits wieder zu einer Steigerung der Entfernungsrate beiträgt. Außerdem ist es möglich, die Drehung des Lagerrings um seine Achse zu stoppen oder zu verlangsamen, wodurch eine Erhebung eigens elektrochemisch behandelt werden kann. Durch die erfindungsgemäße aktive Steuerung ergibt sich daher eine bessere Kontrolle über die letztendliche Form des Lagerrings, und diese Form kann schneller erzielt werden. Es ist daher möglich, Lagerringe mit einer verbesserten Kreisform oder mit komplexeren Formen herzustellen.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform ist das erfindungsgemäße Verfahren dadurch gekennzeichnet, daß der Lager-ring ein zylindrischer innerer Rollenlagerring ist und Material von der Lauffläche des äußeren Rings entfernt wird, während der Strom mit einer harmonischen Veränderung überlagert wird, die das Dreifache der Frequenz des Rotationsgeschwindigkeit des Rings beträgt, wodurch eine dreilappige Lauffläche entsteht.

Auf diese Weise ist es möglich, dreilappige Ringe billig herzustellen, was eine weiter verbreitete Verwendung der diese Ringe enthaltenden besseren Lager erlaubt.

Die Erfindung bezieht sich auch auf Lager mit Ringen, die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt werden.

Die Erfindung wird nun anhand der Zeichnungen näher beschrieben, wobei die Beschreibung als Beispiel dienen soll. Fig. 1 ist ein Schaltplan der wesentlichen Komponenten zum gesteuerten Abrunden eines Rings, Fig. 2 ist ein Schaltplan der wesentlichen Komponenten zum gesteuerten Herstellen eines Rings mit einer dreilappigen Lauffläche.

Fig. 1 zeigt einen Lagerring 1 als ein zu bearbeitendes Metallstück, wobei der Ring 1 eine Lauffläche hat, die elektrochemisch behandelt werden soll. Laufflächen können unrund sein und Erhebungen haben, die bis zu 10 µm groß sind, die von vorhergehenden Vorgängen herrühren, so zum Beispiel vom Schleifen. Ein Entfernen dieser Unregelmäßigkeiten führt zu Laufflächen mit einer zirkulären Geometrie und folglich mit verringerter Geräuschentwicklung und einer längeren Lebensdauer. Eine Elektrodeneinrichtung 2 weist eine Zuleitung 3 zum Liefern eines Elektrolyten A durch die Zuleitung 3 an eine Öffnung 4 auf. Die Elektrodeneinrichtung 2 weist eine Elektrode 5 auf, die elektrisch vom Elektrolyt A isoliert ist, bis auf das Ende der Elektrode 5, das einen schmalen Spalt 6 mit dem Ring 1 bildet. Der Elektrolyt A wird mit gleichmäßiger Geschwindigkeit durch die Öffnung 4 tangential zum Ring 1 durch den Spalt 6 hindurchgeleitet. Der Druck, mit dem der Elektrolyt A durch den Spalt geleitet wird, ist nicht sehr

wesentlich, doch sind aufgrund von sonst auftretenden Turbulenzen, was zu einer unregelmäßigen Bearbeitung führen kann, höhere Drücke zu bevorzugen. Die Drehrichtung des Rings 1 und der tangentialer Elektrolytfluß sind vorzugsweise gegenläufig, da dies erfahrungsgemäß zum besten Ergebnis führt. Eine Gleichstromquelle 7 hält den Ring 1 über einen Schleifring 8 im Verhältnis zur Elektrode 5 auf einer positiven Ladung.

Zum gesteuerten Entfernen einer bestimmten Menge Materials von einem bestimmten Teil des Rings 1 werden Daten darüber beschafft, wo und wieviel Material entfernt werden soll. Die Daten für das gesteuerte Entfernen von Material werden unter Verwendung des Rings 1, der Elektrode 5 und eines (nicht gezeigten) Voltamperemeters beschafft, wobei sowohl die Spannung als auch der Strom zum Erhalten der erforderlichen Daten gemessen werden. Die Daten werden dann zum Einstellen der an den Spalt angelegten Spannung verwendet. Fig. 1 zeigt einen Schaltplan für eine elektrische Schaltung mit einem Nebewiderstand 9, einem Bandpaßfilter 10 und einem Verstärker 11. Der Strom durch den Nebewiderstand 9 wird dazu verwendet, den Pegel der Rückkopplung an die Stromversorgung 7 zu bestimmen. Die Verwendung der Elektrode 2 und des Rings 1 zum Steuern der elektrochemischen Bearbeitung bringt den Vorteil mit sich, daß der Ort, an dem das Material zu entfernen ist, und der Ort, an dem Daten erfaßt werden, der gleiche ist, und die Datenverarbeitung fast gleichzeitig erfolgt und so einfach wie möglich ist, da keine zeit- oder winkelpositionsabhängige Information dafür verarbeitet werden muß, daß der richtige Ort des Rings 1 bearbeitet werden kann. Unter Verwendung einer konstanten Winkelgeschwindigkeit des Rings und unter Steuerung der zu entfernenden Materialmenge durch Verändern der angelegten Spannung, war es möglich, die Unrundheit des Rings 1 von 8  $\mu\text{m}$  auf 0,5  $\mu\text{m}$  zu verringern, verglichen mit 2-3  $\mu\text{m}$  bei bekannten elektrochemischen Bearbeitungsverfahren.

Die gesammelten Daten sind Informationen über die Abweichungen von der Rundheit des Rings 1, und diese Daten werden zum Steuern des örtlichen Entfernens des Materials verwendet, zum Beispiel durch Verändern der angelegten Span-

nung, wie oben beschrieben, oder durch Verändern der Zeitdauer, während der der bestimmte Teil des Rings 1 unter dem Elektrodenende 5 verbleibt. Die zum Erhalten einer Lauffläche mit den gewünschten Eigenschaften nötige Zeit wird so verkürzt. Es sei bemerkt, daß ein Verändern der Spannung normalerweise einfacher zu bewerkstelligen ist und genauere Ergebnisse bringt als ein Verändern der Zeitdauer. Die letztere Möglichkeit hat jedoch vielleicht während der ersten Schritte des elektrochemischen Bearbeitungsvorgangs seine Vorteile.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht ein Steuern der Form einer Lauffläche und die billige Herstellung einer dreilappigen Lauffläche, zum Beispiel durch ein Überlagern einer harmonischen Variation mit dem Strom, deren Frequenz dreimal so groß ist wie die Rotationsgeschwindigkeit des Rings. Zu diesem Zweck wird die Winkelposition des Rings 1, der normalerweise ein innerer Lagerring ist, laufend überwacht, zum Beispiel durch eine Positionsüberwachungseinrichtung 12, wie in Fig. 2 gezeigt. Die Positionsüberwachungseinrichtung 12 steuert einen Wellengenerator 13 zum Modifizieren der Versorgungsspannung 7.

Der elektrochemische Bearbeitungsvorgang kann durch das Verwenden einer Gruppe von Elektroden 5 beschleunigt werden. Die Elektroden einer Gruppe sind vorzugsweise zueinander gleich beabstandet. Zur Herstellung eines dreilappigen Rings wird es bevorzugt, eine Elektrode zur Steuerung der Form des Lagerrings und die anderen zum Verbessern der Glätte der Lauffläche zu verwenden.

Das Elektrodenende 5 kann zum Einstellen der Breite des Spalts 6 gegebenenfalls zur Achse des Rings 1 hin bewegt werden.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum elektromechanischen abhebenden Bearbeiten eines Metallstücks, bei dem durch Anlegen einer Spannung ein Strom über eine enge Spalte (6) geleitet wird, die durch das Metallstück und eine einstellbare Elektrodeneinrichtung (2) gebildet wird, zum lokalen Entfernen von Material vom Metallstück, wobei Elektrolyt (A) in die Spalte (6) in einer Richtung eingebracht wird, die im wesentlichen tangential zur Oberfläche des Metallstücks verläuft, und wobei das Metallstück um seine Achse gedreht wird, wobei die Stromstärke unter der Steuerung einer Erfassungseinrichtung ist, die die Oberfläche des Metallstücks abtastet, dadurch gekennzeichnet, daß das Metallstück ein Lagerring (1) ist und das elektrochemische lokale Entfernen von Material vom Lagerring (1) durch Steuern eines Parameters aus der folgenden Gruppe gesteigert wird:

i) Verändern der Geschwindigkeit, mit der der Lagerring (1) um seine Achse gedreht wird, zum Verändern der Zeit, während der eine örtliche Erhebung elektrochemisch bearbeitet wird, und

ii) Erhöhen der Spannung, wenn die Spalte aufgrund einer örtlichen Erhebung auf dem Lagerring eng ist, wobei die örtliche Entfernung dadurch gesteuert wird, daß Daten von einer Erfassungseinrichtung eingeholt werden, die den Lagerring (1), die einstellbare Elektrodeneinrichtung (2) und ein Volt-Ampere-Meter aufweist, und die Spannung und die Stromstärke als Daten zum Steuern der Parameter verwendet werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Lagerring (1) mit einer konstanten Winkelgeschwindigkeit um seine Achse gedreht wird und die Menge entfernten Materials durch Verändern der angelegten Spannung gesteuert wird.

25.08.99  
- 7 -

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehrichtung des Lagerrings (1) und der tangentialer Fluß des Elektrolyten (A) einander entgegengesetzt sind.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Gruppe von Elektroden (5) verwendet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden (5) einer Gruppe in einem gleich beabstandeten Verhältnis zueinander sind.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Lagerring (1) ein zylindrischer innerer Rollenlagerring ist und Material von der Lauffläche des äußeren Rings entfernt wird, während der Strom mit einer harmonischen Veränderung überlagert wird, die das Dreifache der Frequenz der Rotationsgeschwindigkeit des Rings beträgt, wodurch eine dreilappige Lauffläche entsteht.



25.08.99

696 02 001.7-08  
DEAB-67491.9

1/2

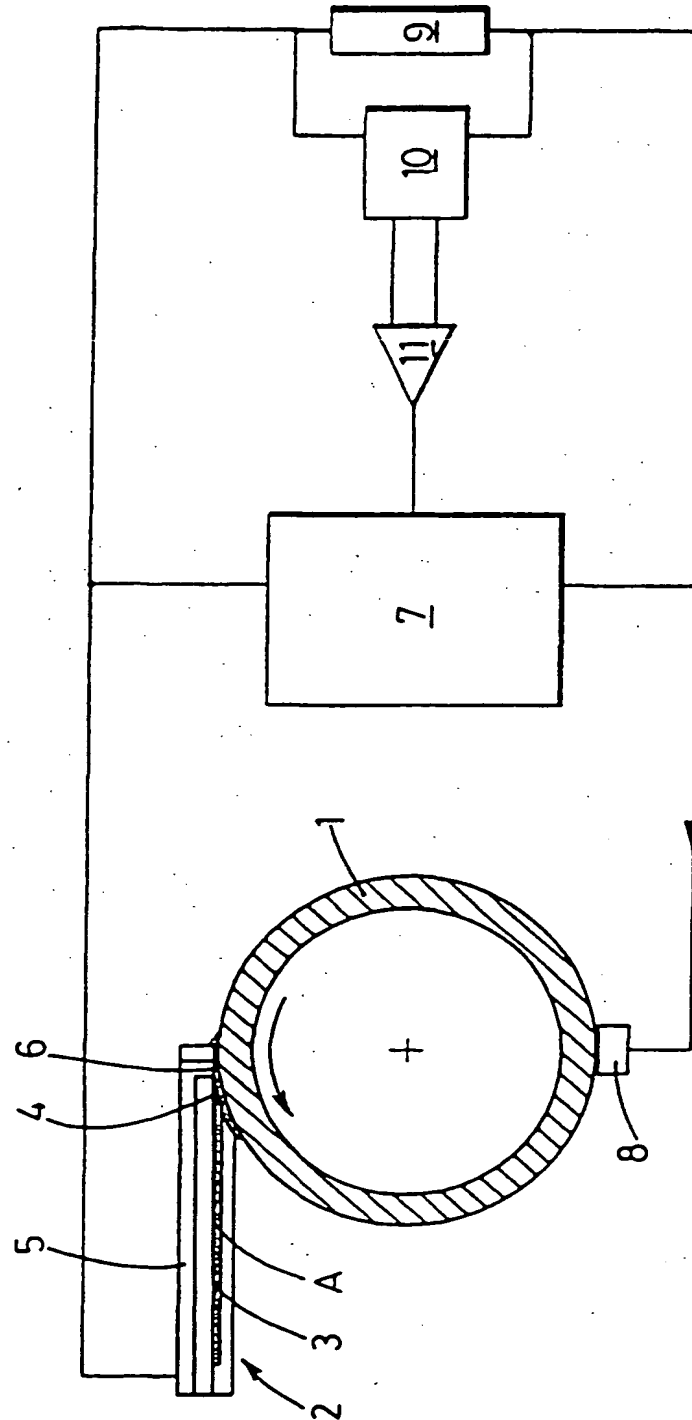


Fig.1

